

# EAUX USÉES ET SANTÉ DES VILLES

Un observatoire de la ville et de l'état de santé des populations

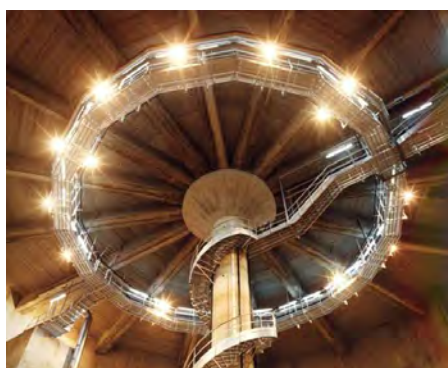
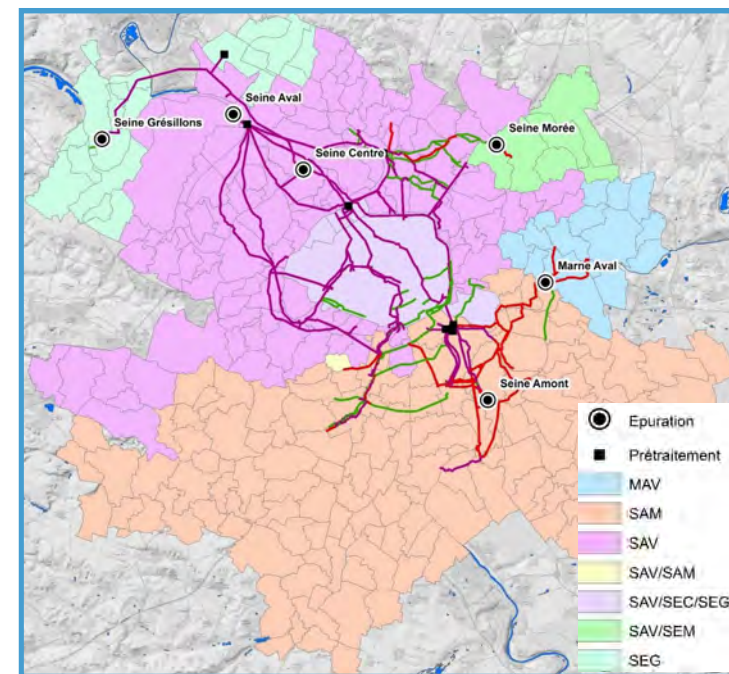


Vincent Rocher / Sam Azimi – Direction Innovation

# L'ASSAINISSEMENT FRANCILIEN

## Des infrastructures à l'échelle des besoins

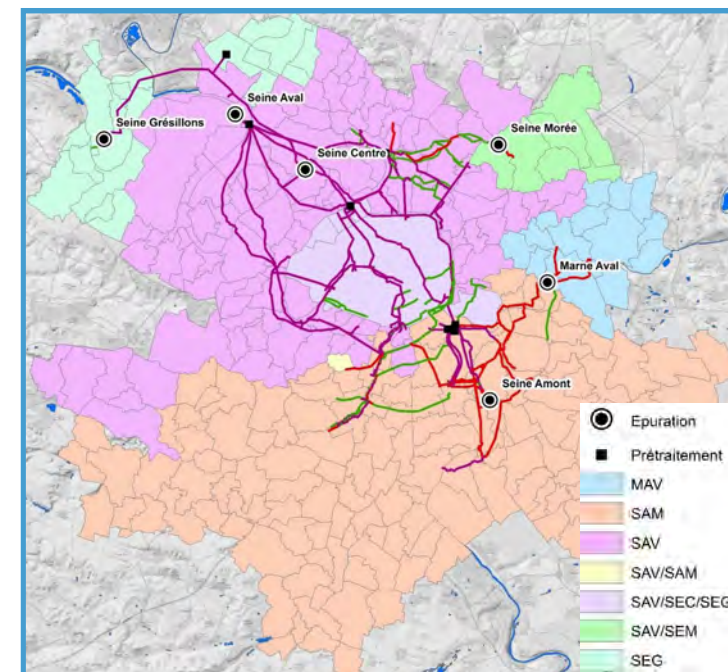
- Situation
  - 284 communes – 9 millions d'habitants
  - 400 industriels – 15 000 km de réseaux communaux collectés
- Transport des effluents
  - 440 km de canalisations (diamètre 2,5 à 6 m)
  - 900 000 m<sup>3</sup> de capacité de stockage des eaux pluviales
- Traitement des effluents
  - 6 usines de dépollution
  - 2,5 millions de m<sup>3</sup> / j (TS)



# L'ASSAINISSEMENT FRANCILIEN

## Des infrastructures à l'échelle des besoins

- Situation
  - 284 communes – 9 millions d'habitants
  - 400 industriels – 15 000 km de réseaux communaux collectés
- Transport des effluents
  - 440 km de canalisations (diamètre 2,5 à 6 m)
  - 900 000 m<sup>3</sup> de capacité de stockage des eaux pluviales
- Traitement des effluents
  - 6 usines de dépollution
  - 2,5 millions de m<sup>3</sup> / j (TS)



## Forte concentration sur la zone centrale

Bassin versant	Surface (km²)	Communes	Population	Densité hab./km²	Surface imp. (%)	Type de réseau (%)		
						Unitaire	Mixte	Séparatif
SIAAP	1 756	278	9 264 659	5 277	31	30,2%	8,6%	61,2%
Clichy	151	15	2 893 177	19 211	56	88,5%	11,5%	0,0%
Marne Aval	96	16	393 517	4 018	27	40,9%	15,6%	43,5%

Guérin *et al*, 2018. Suivi de la qualité des effluents en réseau d'assainissement unitaire (Paris et Pau – France), TSM n°3, 77-89

# L'ASSAINISSEMENT, UN PRISME IDÉAL POUR ...

Observer l'évolution des aménagements urbains et de l'activité anthropique

Emissions liées aux infrastructures de la ville  
(Toitures, bâtiments, chaussées, etc.)

Emissions liées à l'industrie, au transport et au chauffage

Suivre les habitudes de consommation et l'état de santé de la population

Emissions liées aux activités domestiques (Produits domestiques et d'hygiène, résidus pharmaceutiques, etc.)

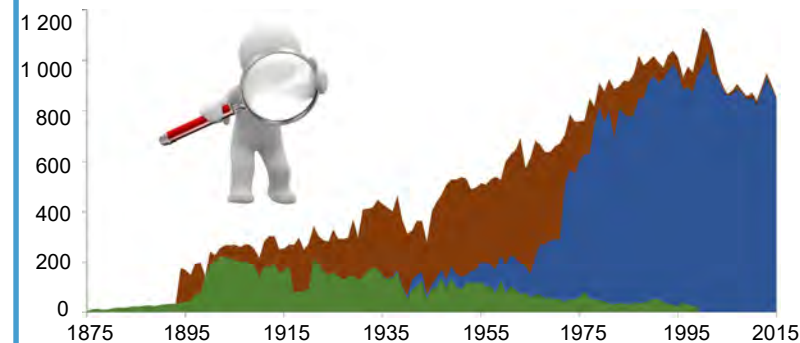
Alimentation et consommation récréative

Suivi des épidémies (Macrobiote collectif)

Réseau d'assainissement  
Passage des effluents de la ville

Marqueur idéal de l'activité humaine ?

Volumes annuels  
( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )



Eaux usées collectées et traitées de 1875 à 2015

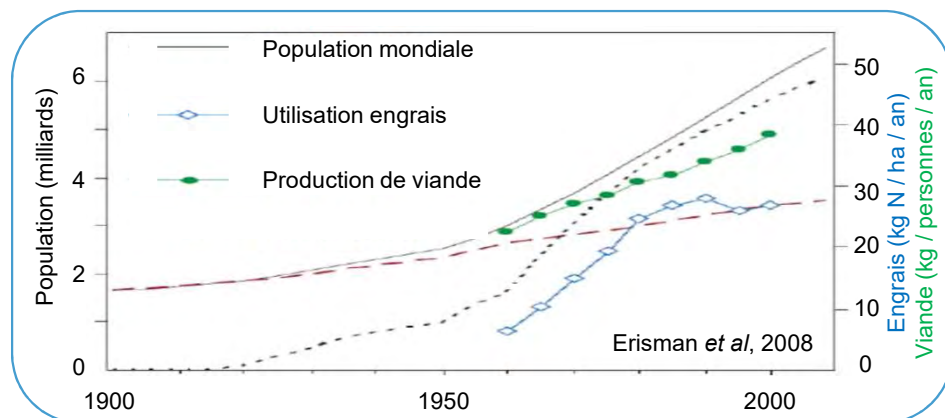


Rocher *et al*, 2017. Evolution de la qualité de la Seine en lien avec les progrès de l'assainissement – de 1970 à 2015. Edition Johanet



# SUIVRE LES ACTIVITÉS HUMAINES : ERU

## Modes de consommation : azote et phosphore

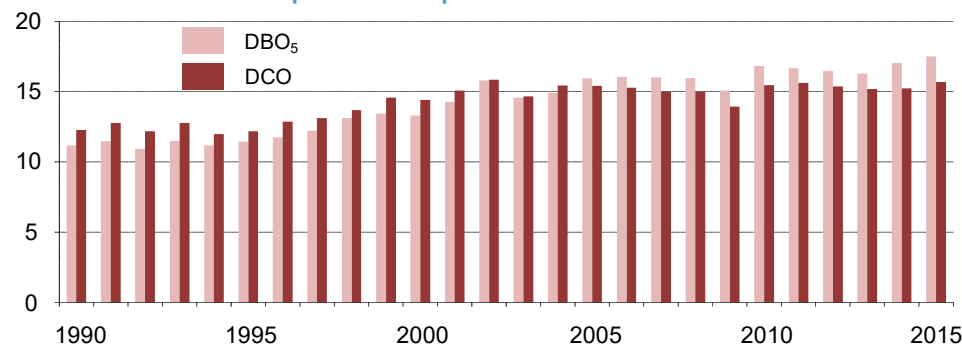


### Evolution du cadre législatif et réglementaire sur le phosphore

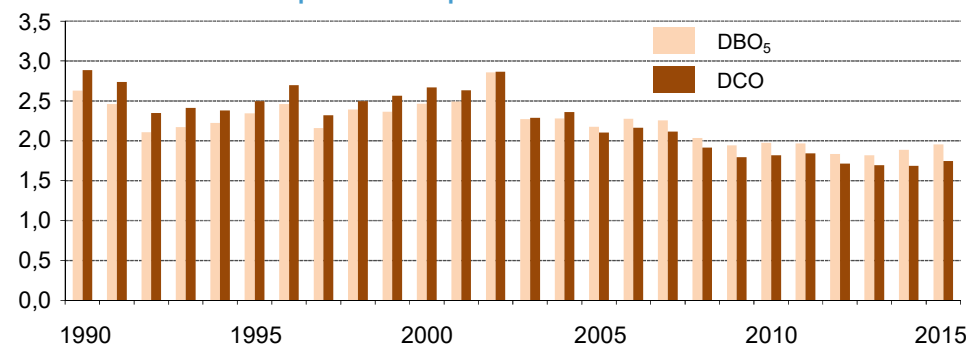
Décret d'application n°2007/491 relatif à l'**interdiction** des phosphates dans les détergents textile ménagers au 1<sup>er</sup> juillet **2007**

Loi n°2009-967 du 3 août 2009 relative à l'**interdiction** des phosphates dans tous les détergents domestiques à compter de fin **2012** et dans les détergents industriels à compter de **2015**

### Augmentation des quantités d'azote (en g) émises par un équivalent-habitant



### Diminution des quantités de phosphore (en g) émises par un équivalent-habitant



Rocher et al, 2017. Evolution de la qualité de la Seine en lien avec les progrès de l'assainissement – de 1970 à 2015. Edition Johanet

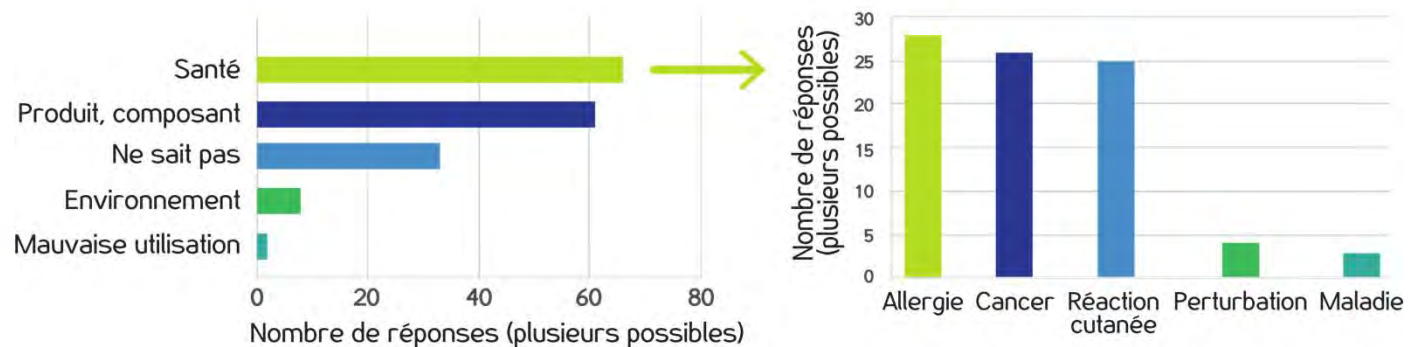
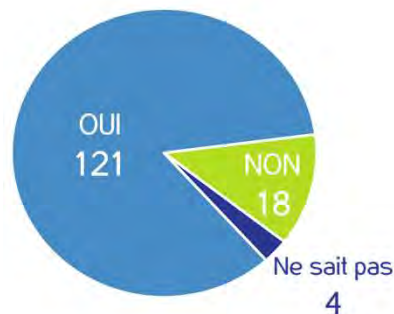
# SUIVRE LES ACTIVITÉS HUMAINES : ERU

## Usages de produits cosmétiques : parabène

### Une longue histoire



### Une grande inquiétude

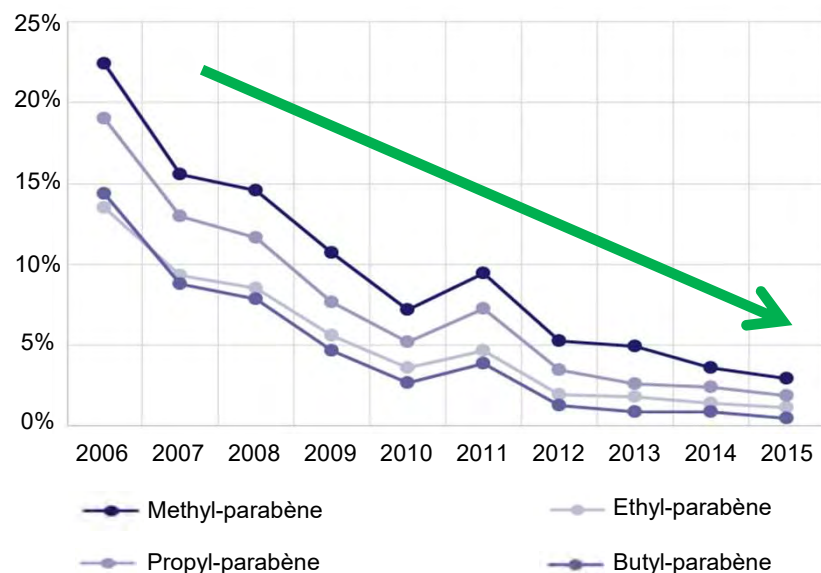


Avis de 143 Parisiens interrogés sur les risques associés aux produits cosmétiques

# SUIVRE LES ACTIVITÉS HUMAINES : ERU

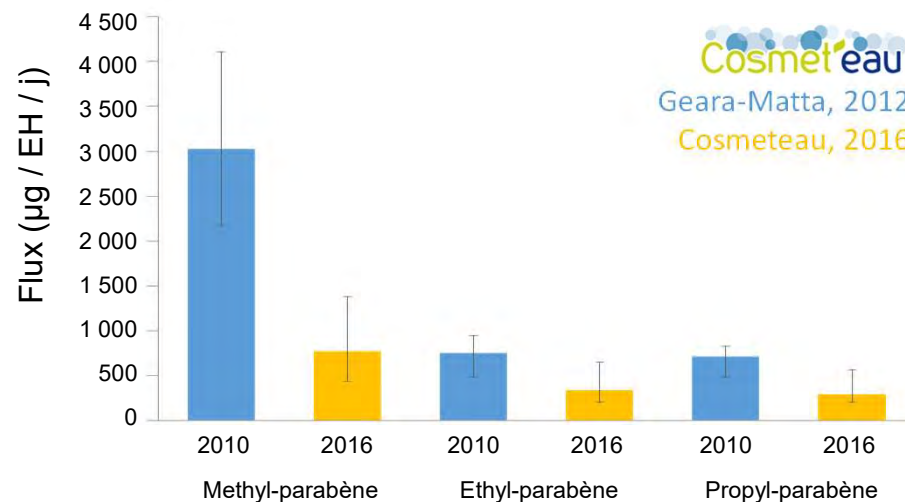
## Usages de produits cosmétiques : parabène

Utilisation des parabènes dans les cosmétiques (%)



**Substitution** parabènes par d'autres molécules de synthèse en réponse aux inquiétudes des consommateurs

Flux de parabènes dans les eaux usées (2010 vs 2016)

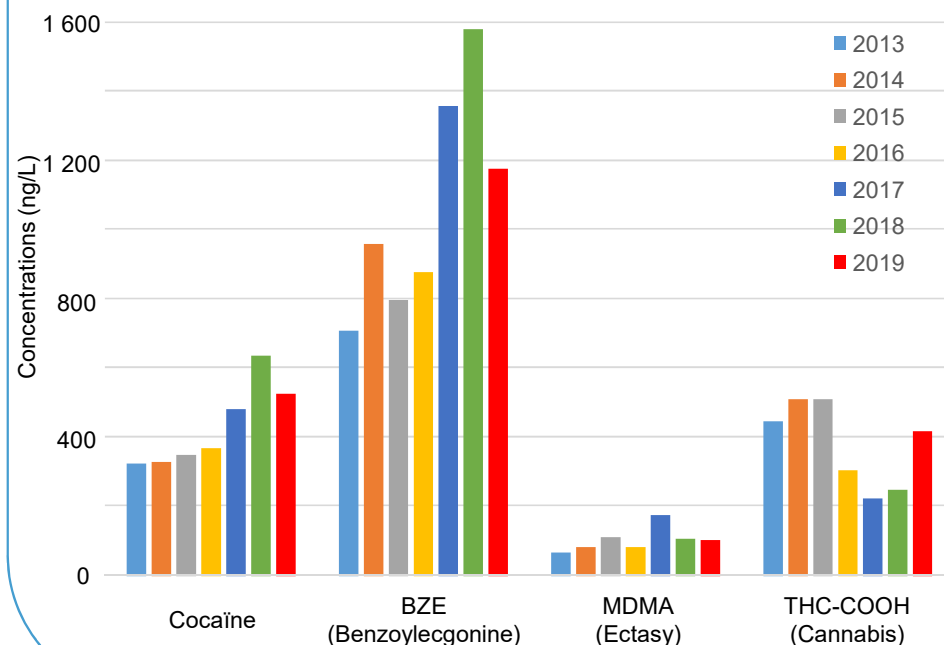


**Réduction** des flux de parabènes dans les eaux usées d'un facteur 2 (EtP) à 4 (MeP)

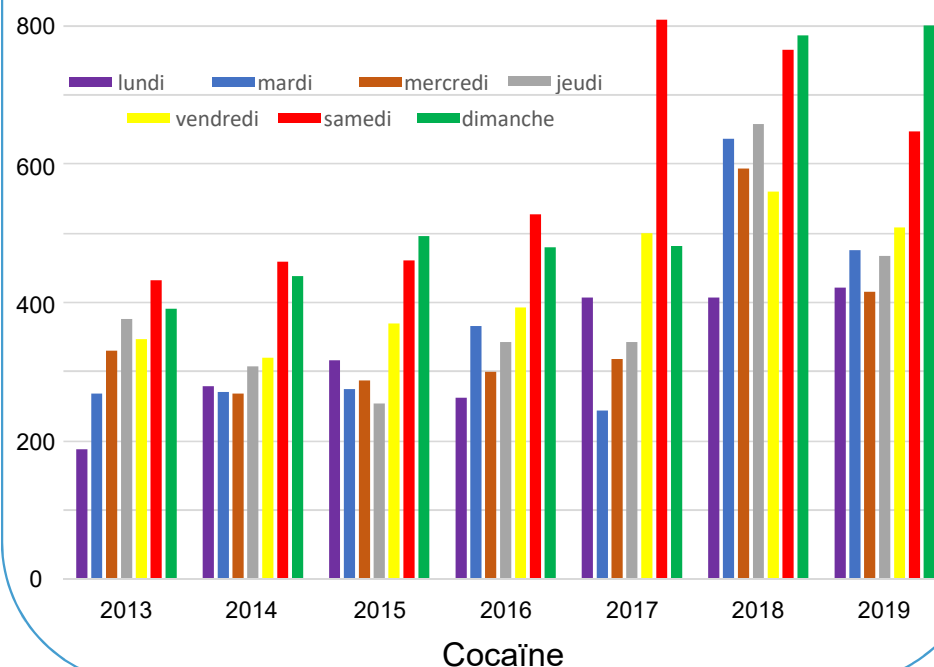
# SUIVRE LES ACTIVITÉS HUMAINES : ERU

## Usage de substances psychotropes : drogues

Suivi long terme des concentrations moyennes annuelles en drogues dans les eaux usées



Suivi hebdomadaire des concentrations en drogue dans les eaux usées



Présence de composées (10 sur 21) de manière fréquentes et augmentation des concentrations à long terme et « effet week-end » marqué pour la cocaïne

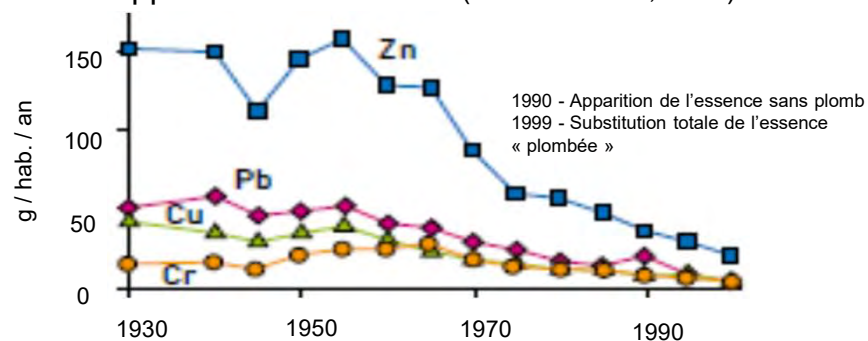


# SUIVRE LES ACTIVITÉS HUMAINES : BOUES

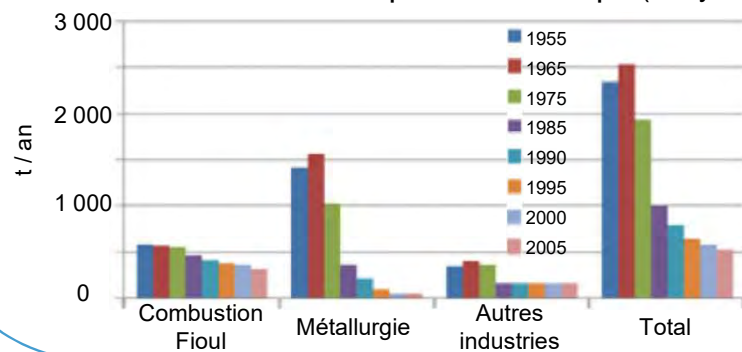
## Evolution des activités industrielles : métaux lourds

Estimation des émissions de ML au travers de l'activité humaine dans le bassin de la Seine

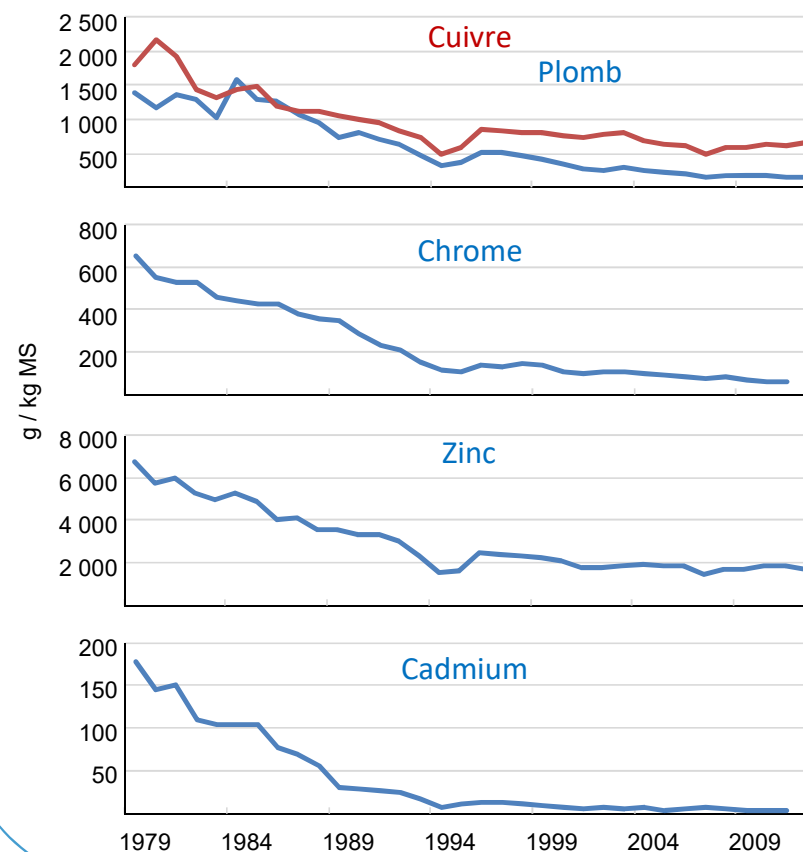
Estimations des quantités de métaux rejetées en excès par rapport aux flux naturels (Thévenot et al, 2009)



Teneurs en Cd dans l'atmosphère en Europe (Pacyna et al, 2009)



Teneurs moyennes annuelles en ML dans les cakes de Seine Aval



# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Questions et attendus du projet sur le COVID-19

### **Eaux usées comme indicateur global de l'intensité de l'épidémie**

Analyser les **eaux usées** et l'**eau de surface** comme indicateurs indirects, et potentiellement précoces, de la circulation virale (aide au déconfinement). Concernant les eaux de surface, la faible charge en virus est un problème pour la mesure. Il est proposé d'utiliser la capacité de bioaccumulation de certains invertébrés (Dreissène). Comparaison des données épidémiologiques et environnementales en vue de proposer des **modèles dynamiques de la circulation virale**.

### **Devenir du virus au sein des systèmes de traitement des eaux et d'assainissement : EAU / BOUES**

Stabilité du virus au sein des matrices eaux / boues et efficacité des filières eau et boue vis-à-vis de l'ARN-viral

### **Evaluation du caractère infectieux du virus**

Le virus environnemental est-il infectieux dans les eaux usées et/ou les eaux de rivière? Si oui, quelles méthodes chimiques ou physiques pourraient être proposées pour abattre le titre infectieux ?

# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Construction d'un observatoire épidémiologique

### Eaux usées comme indicateur global de l'intensité de l'épidémie

Analyser les **eaux usées** et l'**eau de surface** comme indicateurs indirects, et potentiellement précoces, de la circulation virale (aide au déconfinement). Concernant les eaux de surface, la faible charge en virus est un problème pour la mesure. Il est proposé d'utiliser la capacité de bioaccumulation de certains invertébrés (Dreissène). Comparaison des données épidémiologiques et environnementales en vue de proposer des **modèles dynamiques de la circulation virale**.

#### Suivi de trois bassins versants franciliens (SIAAP)

Mis en place : suivi 3 fois par semaine sur les deux bassins de collecte

Bassins versants de Clichy, de SEV et MAV

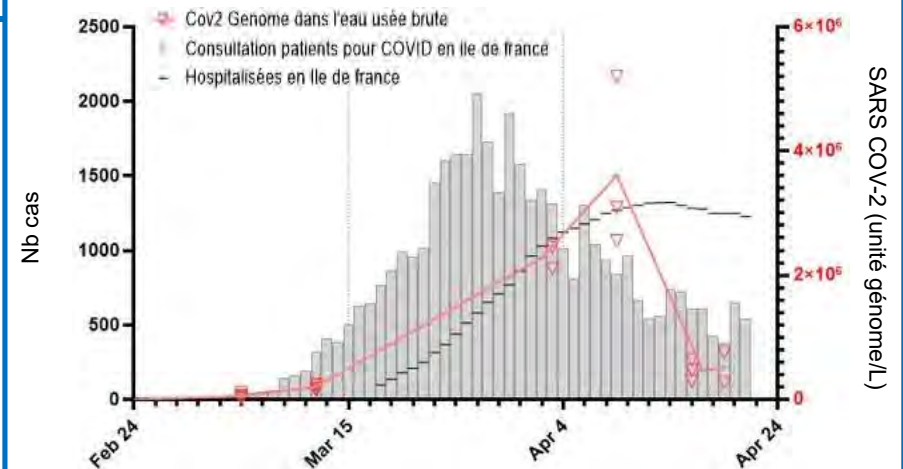
#### Suivi d'un ensemble de RA français et étrangers (Sénégal)

En cours de mise en place

#### Suivi des eaux de surface – Organismes bio filtreurs

Etude de mise en place finalisée – Rejet STEP / Rivière

#### Suivi de l'ARN viral dans les effluents transitant dans les réseaux d'assainissement en lien avec le nombre de cas



<https://www.franceinter.fr/sciences/tester-les-eaux-usees-pourrait-alerter-sur-un-rebond-de-l-epidemie-selon-une-etude-menee-a-paris>

# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Construction d'un observatoire épidémiologique

### Eaux usées comme indicateur global de l'intensité de l'épidémie

Analyser les **eaux usées** et l'**eau de surface** comme indicateurs indirects, et potentiellement précoces, de la circulation virale (aide au déconfinement). Concernant les eaux de surface, la faible charge en virus est un problème pour la mesure. Il est proposé d'utiliser la capacité de bioaccumulation de certains invertébrés (Dreissène). Comparaison des données épidémiologiques et environnementales en vue de proposer des **modèles dynamiques de la circulation virale**.

#### Suivi de trois bassins versants franciliens (SIAAP)

Mis en place : suivi 3 fois par semaine sur les deux bassins de collecte

Bassins versants de Clichy, de SEV et MAV

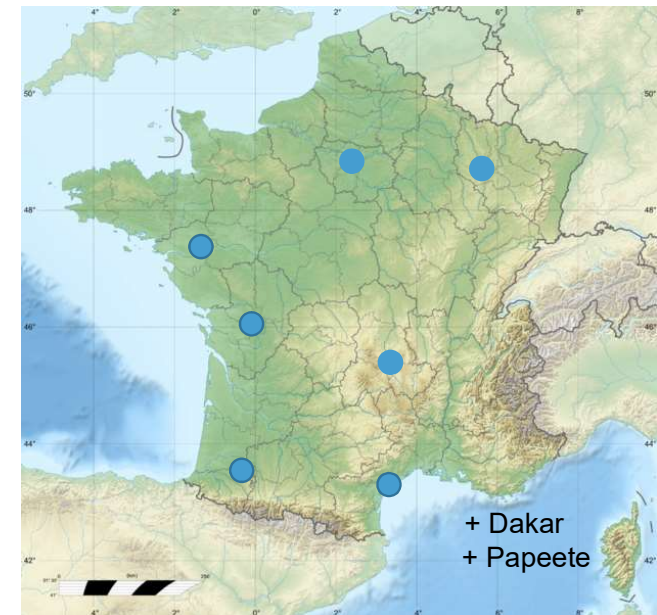
#### Suivi d'un ensemble de RA français et étrangers (Sénégal)

En cours de mise en place

#### Suivi des eaux de surface – Organismes bio filtreurs

Etude de mise en place finalisée – Rejet STEP / Rivière

Le réseau OBEPINE



# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Construction d'un observatoire épidémiologique

### Eaux usées comme indicateur global de l'intensité de l'épidémie

Analyser les **eaux usées** et l'**eau de surface** comme indicateurs indirects, et potentiellement précoces, de la circulation virale (aide au déconfinement). Concernant les eaux de surface, la faible charge en virus est un problème pour la mesure. Il est proposé d'utiliser la capacité de bioaccumulation de certains invertébrés (Dreissène). Comparaison des données épidémiologiques et environnementales en vue de proposer des **modèles dynamiques de la circulation virale**.

#### Suivi de trois bassins versants franciliens (SIAAP)

Mis en place : suivi 3 fois par semaine sur les deux bassins de collecte

Bassins versants de Clichy, de SEV et MAV

#### Suivi d'un ensemble de RA français et étrangers (Sénégal)

En cours de mise en place

#### Suivi des eaux de surface – Organismes bio filtreurs

Etude de mise en place finalisée – Rejet STEP / Rivière





# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Evaluation de l'efficacité des filières de traitement

### Devenir de l'ARN-viral au sein du système d'assainissement : EAU / BOUES

Stabilité du virus au sein des matrices eaux / boues et efficacité des filières eau et boue vis-à-vis de l'ARN-viral

#### Stabilité du virus dans le temps

Matrices concernées : ERU, boues fraîches

Stabilité évaluée à l'échelle expérimentale en cellule d'incubation

Tests préliminaires lancés + **Tests complémentaires lancés le 17/04** (20°C)

Réalisation d'une campagne de prélèvement en rivière

#### Suivi des filières de traitement conventionnelles

Filière de biofiltration (SEC) - Mis en place : 3 campagnes

Filière BRM (SAV) – Mis en place : 3 campagnes

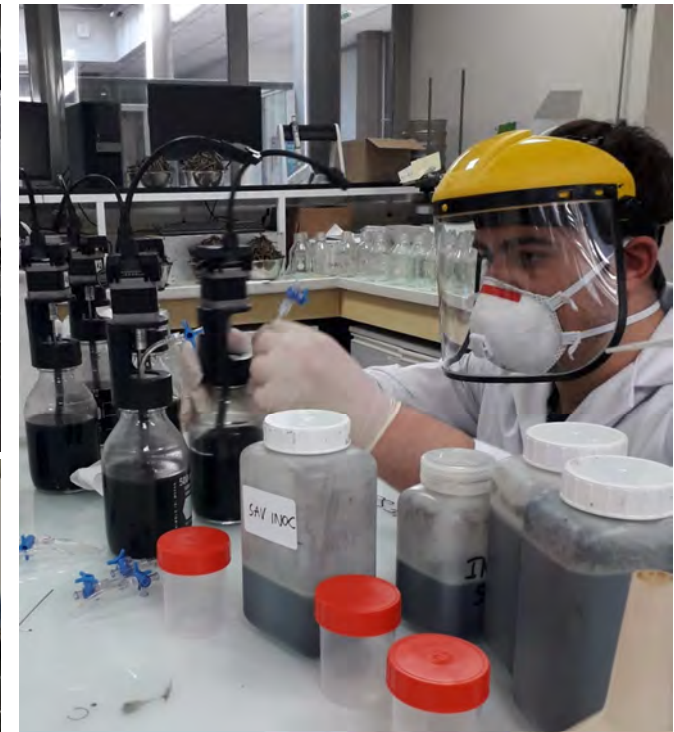
#### Evaluation de l'efficacité des procédés tertiaires

A mettre en place pour le suivi des virus

#### Suivi de deux filières de traitement des boues

Filière mésophile (SAV) / thermophile (SEG)

4 semaines de suivi « glissés » pour intégrer le temps de séjours



# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Evaluation de l'efficacité des filières de traitement

### Devenir de l'ARN-viral au sein du système d'assainissement : EAU / BOUES

Stabilité du virus au sein des matrices eaux / boues et efficacité des filières eau et boue vis-à-vis de l'ARN-viral

#### Stabilité du virus dans le temps

Matrices concernées : ERU, boues fraîches

Stabilité évaluée à l'échelle expérimentale en cellule d'incubation

Tests préliminaires lancés + **Tests complémentaires lancés le 17/04** (20°C)

Réalisation d'une campagne de prélèvement en rivière

#### Suivi des filières de traitement conventionnelles

Filière de biofiltration (SEC) - Mis en place : 3 campagnes

Filière BRM (SAV) – Mis en place : 3 campagnes

#### Evaluation de l'efficacité des procédés tertiaires

A mettre en place pour le suivi des virus

#### Suivi de deux filières de traitement des boues

Filière mésophile (SAV) / thermophile (SEG)

4 semaines de suivi « glissés » pour intégrer le temps de séjours

#### Comportement des virus au travers de différentes filières de traitement classiques des ERU (suivi échelle industrielle)



Culture fixée (Biofiltres)



Bioréacteur à membranes (BRM)



Culture libre (boues activées)

# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Evaluation de l'efficacité des filières de traitement

### Devenir de l'ARN-viral au sein du système d'assainissement : EAU / BOUES

Stabilité du virus au sein des matrices eaux / boues et efficacité des filières eau et boue vis-à-vis de l'ARN-viral

#### Stabilité du virus dans le temps

Matrices concernées : ERU, boues fraîches

Stabilité évaluée à l'échelle expérimentale en cellule d'incubation

Tests préliminaires lancés + **Tests complémentaires lancés le 17/04** (20°C)

Réalisation d'une campagne de prélèvement en rivière

#### Suivi des filières de traitement conventionnelles

Filière de biofiltration (SEC) - Mis en place : 3 campagnes

Filière BRM (SAV) – Mis en place : 3 campagnes

#### Evaluation de l'efficacité des procédés tertiaires

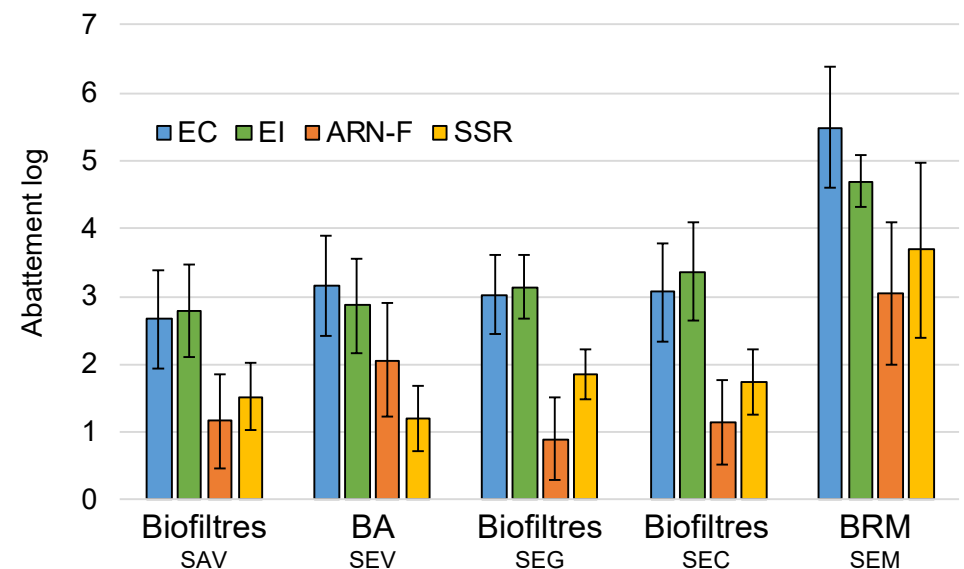
A mettre en place pour le suivi des virus

#### Suivi de deux filières de traitement des boues

Filière mésophile (SAV) / thermophile (SEG)

4 semaines de suivi « glissés » pour intégrer le temps de séjours

Efficacité des filières de traitement des ERU pour l'abattement des bactéries, ARN-F et SSR



Mailler et al, 2020. What removals of pathogen indicators can be expected within activated sludge, biofiltration and MBR large-scale facilities in the context of wastewater reuse in Paris conurbation? WST, soumis

# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Evaluation de l'efficacité des filières de traitement

### Devenir de l'ARN-viral au sein du système d'assainissement : EAU / BOUES

Stabilité du virus au sein des matrices eaux / boues et efficacité des filières eau et boue vis-à-vis de l'ARN-viral

#### Stabilité du virus dans le temps

Matrices concernées : ERU, boues fraîches

Stabilité évaluée à l'échelle expérimentale en cellule d'incubation

Tests préliminaires lancés + **Tests complémentaires lancés le 17/04** (20°C)

Réalisation d'une campagne de prélèvement en rivière

#### Suivi des filières de traitement conventionnelles

Filière de biofiltration (SEC) - Mis en place : 3 campagnes

Filière BRM (SAV) – Mis en place : 3 campagnes

#### Evaluation de l'efficacité des procédés tertiaires

A mettre en place pour le suivi des virus

#### Suivi de deux filières de traitement des boues

Filière mésophile (SAV) / thermophile (SEG)

4 semaines de suivi « glissés » pour intégrer le temps de séjours

Comportement des virus au travers de différentes filières de traitement tertiaires des ERU (suivi échelles labo / pilote / industrielle)



Procédé Carbopius® (µCAG)



Procédé d'oxydation (Ozone)



Procédé  
d'oxydation (PFA)



# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Evaluation de l'efficacité des filières de traitement

### Devenir de l'ARN-viral au sein du système d'assainissement : EAU / BOUES

Stabilité du virus au sein des matrices eaux / boues et efficacité des filières eau et boue vis-à-vis de l'ARN-viral

#### Stabilité du virus dans le temps

Matrices concernées : ERU, boues fraîches

Stabilité évaluée à l'échelle expérimentale en cellule d'incubation

Tests préliminaires lancés + **Tests complémentaires lancés le 17/04** (20°C)

Réalisation d'une campagne de prélèvement en rivière

#### Suivi des filières de traitement conventionnelles

Filière de biofiltration (SEC) - Mis en place : 3 campagnes

Filière BRM (SAV) – Mis en place : 3 campagnes

#### Evaluation de l'efficacité des procédés tertiaires

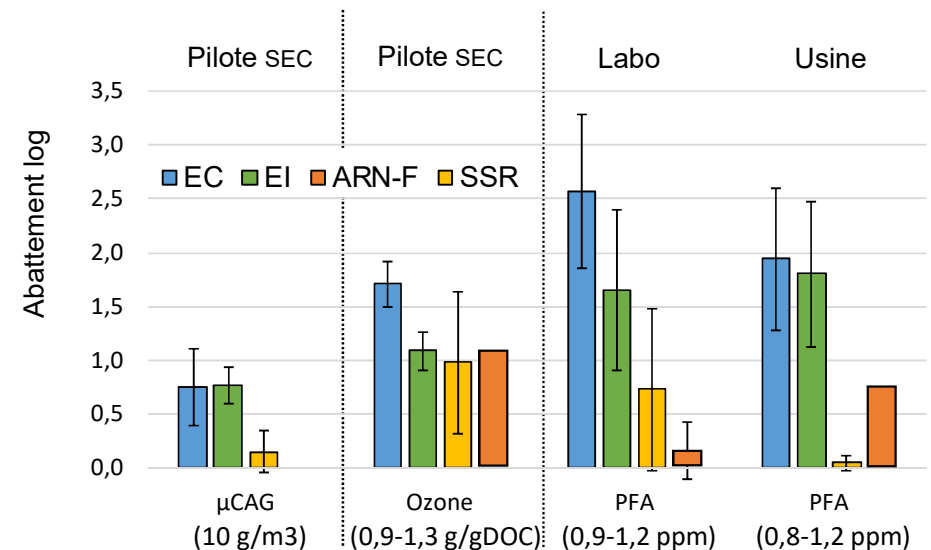
A mettre en place pour le suivi des virus

#### Suivi de deux filières de traitement des boues

Filière mésophile (SAV) / thermophile (SEG)

4 semaines de suivi « glissés » pour intégrer le temps de séjours

#### Efficacité des procédés de traitement tertiaire pour l'abattement des bactéries, ARN-F et SSR



Mailler et al, 2020. What removals of pathogen indicators can be expected within activated sludge, biofiltration and MBR large-scale facilities in the context of wastewater reuse in Paris conurbation? WST, soumis



# SUIVRE LES ÉPIDÉMIES (MACROBIOTE COLLECTIF)

## Evaluation de l'efficacité des filières de traitement

### Devenir de l'ARN-viral au sein du système d'assainissement : EAU / BOUES

Stabilité du virus au sein des matrices eaux / boues et efficacité des filières eau et boue vis-à-vis de l'ARN-viral

#### Stabilité du virus dans le temps

Matrices concernées : ERU, boues fraîches

Stabilité évaluée à l'échelle expérimentale en cellule d'incubation

Tests préliminaires lancés + **Tests complémentaires lancés le 17/04** (20°C)

Réalisation d'une campagne de prélèvement en rivière

#### Suivi des filières de traitement conventionnelles

Filière de biofiltration (SEC) - Mis en place : 3 campagnes

Filière BRM (SAV) – Mis en place : 3 campagnes

#### Evaluation de l'efficacité des procédés tertiaires

A mettre en place pour le suivi des virus

#### Suivi de deux filières de traitement des boues

Filière mésophile (SAV) / thermophile (SEG)

4 semaines de suivi « glissés » pour intégrer le temps de séjours



Suivi à l'échelle laboratoire  
(AMPTS)

Comportement des virus au travers des  
filières de digestion anaérobies (mésophile  
et thermophile)



Suivi à l'échelle industrielle



MERCI DE VOTRE ATTENTION